

Japanese Patent Laid-open Publication No. HEI 5-250002 A

Publication date : September 28, 1993

Applicant : FANUC LTD

Title : FEEDFORWARD CONTROL SYSTEM

5

[Abstract]

[Object] Relates to a feedforward control system, and changes a feedforward coefficient following a change in a work shape.

10 [Structure] An interpolator 41 inputs a command P_i , and outputs an output pulse P_a . Further, operating means 43 inputs the command P_i and an error quantity 42, and calculates a feedforward coefficient α . An adder 51 subtracts a position feedback pulse P_f from the output pulse P_a , and outputs a result as a gain

15 input pulse P_b . A proportional element 52 multiplies the gain input pulse P_b by a position loop gain P_g , and outputs a result as a gain output pulse P_c . A feedforward element 54 differentiates the output pulse P_a by a differential coefficient S , then multiplies the feedforward coefficient

20 α , and outputs a result as a feedforward pulse P_d . An adder 53 adds the gain output pulse P_c and the feedforward pulse P_d , and outputs a result as a speed command V_c to a servo motor 60.

25 [Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1] This is a control block diagram of a feedforward control system in the present invention.

[Fig. 1]

- 5 40 numerical value control section
- 42 error quantity
- 43 operating means
- command
- 41 interpolator
- 10 50 servo motor control unit
- 60 servo motor

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-250002

(43)公開日 平成5年(1993)9月28日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 5 B 11/32

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

F 7740-3H

審査請求 未請求 請求項の数1(全 11 頁)

(21)出願番号 特願平4-48676

(22)出願日 平成4年(1992)3月5日

(71)出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72)発明者 藤林 謙太郎

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72)発明者 香西 治彦

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72)発明者 芳賀 誠

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

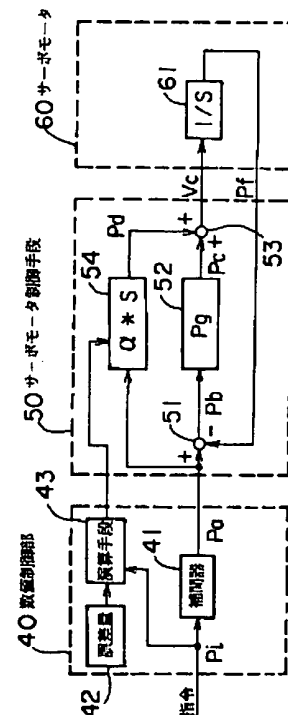
(74)代理人 弁理士 服部 毅蔵

(54)【発明の名称】 フィードフォワード制御方式

(57)【要約】

【目的】 フィードフォワード制御方式に関し、加工形状の変化に追従してフィードフォワード係数を変化させるようにする。

【構成】 補間器41は指令 P_i を入力して、出力パルス P_a を出力する。また、演算手段43は指令 P_i と誤差量42とを入力し、フィードフォワード係数 α を算出する。加算器51は出力パルス P_a から位置帰還パルス P_f を減算し、ゲイン入力パルス P_b として出力する。比例要素52はゲイン入力パルス P_b をポジションルーブゲイン P_g だけ乗じて、ゲイン出力パルス P_c として出力する。フィードフォワード要素54は出力パルス P_a を微分係数 S で微分した後、フィードフォワード係数 α を乗じて、フィードフォワードパルス P_d として出力する。加算器53はゲイン出力パルス P_c とフィードフォワードパルス P_d とを加算し、速度指令 V_c としてサーボモータ60に出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 数値制御装置によりサーボモータを制御するフィードフォワード制御方式において、
前記サーボモータに指令される加工形状について誤差量を設定する誤差設定手段と、
前記加工形状を先読みして、工具通路のコーナ部分における曲率半径を演算する演算手段と、
前記誤差量と前記曲率半径とに応じたフィードフォワード係数で前記サーボモータを制御する制御手段と、
を有することを特徴とするフィードフォワード制御方式。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は数値制御装置によりサーボモータを制御するフィードフォワード制御方式に関し、特にNC工作機械に指令されるNCプログラムを実行する場合にフィードフォワード係数を可変設定して形状誤差を所定範囲内に抑えるようにしたフィードフォワード制御方式に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、数値制御装置でのサーボモータの制御はフィードバック制御によって行われている。しかし、数値制御装置のサーボモータの制御では、指令された通路をより正確に追従させるためには、フィードバック制御のみでは十分ではない。それは、フィードバック制御のみでは、工具通路のコーナ部等で、工具通路が指令された通路からサーボ系の遅れ分ずれてしまうからである。すなわち、フィードバック制御のみではサーボ系の過渡特性による影響を補償することはできない。

【0003】このために、数値制御装置のサーボモータの制御では、フィードバック制御に加え、フィードフォワード制御を行う、より精度の高い位置決め制御を行なっている。このような数値制御装置でのフィードフォワード制御は、サーボモータ制御手段側で行なっていた。

【0004】図8は、従来の数値制御装置のフィードフォワード制御のブロック図である。数値制御部40には補間器41があり、各軸の補間を行う。実際には複数の軸があり、他の軸の構成も同じであるので、図では一軸のみ示している。この補間器41は指令P_iを入力して、出力パルスP_aをサーボモータ制御手段50に出力する。

【0005】サーボモータ制御手段50において、加算器51には出力パルスP_aとサーボモータからの位置帰還パルスP_fとが入力される。加算器51は出力パルスP_aから位置帰還パルスP_fを減算した結果を、ゲイン入力パルスP_bとして比例要素52に出力する。比例要素52はゲイン入力パルスP_bをポジションループゲインP_gだけ乗じて、ゲイン出力パルスP_cとして加算器53に出力する。

【0006】一方、出力パルスP_aはフィードフォワード

ド要素54にも入力される。フィードフォワード要素54は、入力した出力パルスP_aを微分要素Sによって微分した後、フィードフォワード係数 α を乗じて、フィードフォワードパルスP_dとして加算器53に出力する。

【0007】なお、フィードフォワード係数 α はフィードフォワードを効かせる度合いを決定する係数であり、 $\alpha=0$ ならばフィードフォワード制御を行わないことを意味し、 $\alpha=1$ であって連続系ならば理論上のサーボの遅れがないことを意味する。このフィードフォワード係数 α は、従来では一定値であった。

【0008】そして、加算器53はゲイン出力パルスP_cとフィードフォワードパルスP_dとを加算し、速度指令V_cとしてサーボモータ60に出力する。サーボモータ60は、入力した速度指令V_cによって回転する。このサーボモータ60の特性に相当する積分要素(1/S)61は、サーボモータの位置を位置帰還パルスP_fとして加算器51に帰還する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかし、フィードフォワード係数が一定であると、形状変化が緩やかな工具通路の加工形状を滑らかに仕上げることができない。すなわち、加工形状の変化が小さな加工プログラムを実行する場合、フィードフォワード係数が一定のままであれば、微小な起伏も拡大されて加工されるためにワーク表面が滑らかでなくなる。また、加工形状の変化が大きな加工プログラムを実行する場合、フィードフォワード係数が小さいままであれば、サーボ系の遅れによって加工誤差が生じるという問題点があった。

【0010】本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、加工形状の変化に追従してフィードフォワード係数を変化させるフィードフォワード制御方式を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明では上記課題を解決するために、数値制御装置によりサーボモータを制御するフィードフォワード制御方式において、前記サーボモータに指令される加工形状について誤差量を設定する誤差設定手段と、前記加工形状を先読みして、工具通路のコーナ部分における曲率半径を演算する演算手段と、前記誤差量と前記曲率半径とに応じたフィードフォワード係数で前記サーボモータを制御する制御手段と、を有することを特徴とするフィードフォワード制御方式が提供される。

【0012】

【作用】まず、誤差設定手段によって、予めサーボモータに指令される加工形状について誤差量を設定しておく。その後、演算手段が加工形状を先読みして、誤差量と工具通路のコーナ部分における曲率半径とから、フィードフォワード係数を演算する。演算されたフィードフォワード係数によって、制御手段がサーボモータを制御

する。

【0013】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面に基づいて説明する。図2は、本発明の一実施例である対話形数値制御装置の構成を示すブロック図である。

【0014】プロセッサ11はROM12に格納されたシステムプログラムに従って数値制御装置全体を制御する。ROM12にはEPROMあるいはEEPROMが使用される。RAM13はSRAM等が使用され、各種のデータあるいは入出力信号が格納される。不揮発性メモリ14には図示されていないバッテリーによってバックアップされたCMOSが使用され、電源切断後も保持すべきパラメータ、ピッチ誤差補正量及び工具補正量等が格納されている。なお、本発明ではこのパラメータに、後述する誤差量、不感帯幅等を含む。

【0015】グラフィック制御回路15はデジタル信号を表示用の信号に変換し、表示装置16に与える。表示装置16にはCRTあるいは液晶表示装置が使用される。表示装置16は対話形式で加工プログラムを作成していくときに、形状、加工条件等を表示する。

【0016】キーボード17はシンボリックキー、数値キー等からなり、必要な図形データ、NCデータをこれらのキーを使用して入力する。軸制御回路18はプロセッサ11から、軸の移動指令を受けて、軸の指令をサーボアンプ19に出力する。サーボアンプ19はこの移動指令を受けて、工作機械20のサーボモータを駆動する。これらの構成要素はバス21によって互いに結合されている。

【0017】PMC（プログラマブル・マシン・コントローラ）22はNCプログラムの実行時に、バス21經由でT機能信号（工具選択指令）等を受け取る。そして、この信号をシーケンス・プログラムで処理して、動作指令として信号を出力し、工作機械20を制御する。また、工作機械20から状態信号を受けて、シーケンス処理を行い、バス21を経由して、プロセッサ11に必要な入力信号を転送する。

【0018】さらに、バス21には、システムプログラム等によって機能が変化するソフトウェアキー23、NCデータをフロッピーディスク、プリンタあるいは紙テープリーダ（PTR）などの外部機器に送るシリアルインタフェース24が接続されている。このソフトウェアキー23は、上記表示装置16、キーボード17とともに、CRT/MDIパネル25に設けられる。

【0019】上記バス21には、NC用のCPUであるプロセッサ11とは別に、バス30を有する対話用のプロセッサ31が接続される。バス30にはROM32、RAM33、及び不揮発性メモリ34が接続されている。

【0020】上記表示装置16に表示される対話形データの入力画面は、ROM32に格納されている。この対

話形データの入力画面において、NC文の作成時にバックグラウンドアニメーションとして、工具の全体の動作軌跡などが表示される。また、表示装置16にはその入力画面により設定可能な作業又はデータが、メニュー形式で表示される。メニューのうちどの項目を選択するかは、メニューに対応して、画面下部に配置されたソフトウェアキー23により行う。ソフトウェアキー23の意味は各画面毎に変化する。RAM33にはSRAM等が使用され、ここに対話用の各種データが格納される。

【0021】入力されたデータは対話用のプロセッサ31により処理され、ワーク加工プログラムが作成される。作成されたプログラムデータは、対話形式で使用する表示装置16に、逐次にバックグラウンドアニメーション表示される。また、不揮発性メモリ34にNC文として格納されたワーク加工プログラムは、工作機械20の加工シミュレーションの際にも実行され、フォアグラウンドアニメーション表示される。

【0022】図1は、本発明のフィードフォワード制御方式の概略を示す制御ブロック図である。図において、数値制御部40には補間器41があり、各軸の補間を行う。実際には複数の軸があり、他の軸の構成も同じであるので、図では一軸のみ示している。この補間器41は指令Piを入力して、出力パルスPaをサーボモータ制御手段50に出力する。また、補間器41に並行して設けられた演算手段43は、指令Piと誤差量42とを入力し、フィードフォワード係数 α を算出してフィードフォワード要素54に出力する。

【0023】なお、誤差量42は円弧切削でフィードフォワード制御を行う場合の半径方向への許容誤差であり、予めオペレータが図示されていない誤差量設定手段により所定の操作を行なって設定する。また、図示されていない誤差量設定手段及び演算手段43は、図2のROM12に格納されたシステムプログラムをプロセッサ11が実行することによって実現される機能である。

【0024】サーボモータ制御手段50において、加算器51には出力パルスPaとサーボモータからの位置帰還パルスPfとが入力される。加算器51は出力パルスPaから位置帰還パルスPfを減算した結果を、ゲイン入力パルスPbとして比例要素52に出力する。比例要素52はゲイン入力パルスPbをポジションループゲインPgだけ乗じて、ゲイン出力パルスPcとして加算器53に出力する。

【0025】一方、出力パルスPa及びフィードフォワード係数 α はフィードフォワード要素54に入力される。フィードフォワード要素54は、入力した出力パルスPaを微分要素Sによって微分した後、同じく入力したフィードフォワード係数 α を乗じて、フィードフォワードパルスPdとして加算器53に出力する。

【0026】そして、加算器53はゲイン出力パルスPcとフィードフォワードパルスPdとを加算し、速度指

令Vcとしてサーボモータ60に出力する。サーボモータ60は、入力した速度指令Vcによって回転する。このサーボモータ60の特性に相当する積分要素(1/S)61は、サーボモータの位置を位置帰還パルスPfとして加算器51に帰還する。

【0027】次に、フィードフォワード係数 α の算出方法について説明する。なお、以下に示す誤差量 ΔE は、*

$$\Delta E = \frac{1}{2} \left\{ T_1^2 + (1 - \alpha^2) T_2^2 \right\} \frac{V^2}{R} \quad \dots (1)$$

【0029】ここで、時定数 T_1 は指数加減速の場合の時定数であり、時定数 T_2 はサーボループの時定数である。また、速度Vは工具の送り速度であり、曲率半径Rは工具通路のコーナ部分における円弧の半径である。し※

*図1に示す誤差量42に相当する。補間後指数加減速とフィードフォワード制御とによって円弧切削を行う場合、円弧の半径方向への誤差量 ΔE は、次式によって求められる。

【0028】

【数1】

※たがって、フィードフォワード係数 α は上記(1)式を整理して、次式によって求めることができる。

【0030】

【数2】

$$\alpha = \frac{\sqrt{V^2(T_1^2 + T_2^2) - 2\Delta ER}}{T_2 V} \quad \dots (2)$$

【0031】上記(2)式において、誤差量 ΔE は予めパラメータとして設定され、時定数 T_1 、 T_2 は既知であり、速度VはNCプログラムによって指令される。したがって、曲率半径Rが分かれば、フィードフォワード係数 α を求めることができる。

【0032】ここで、円弧の曲率半径Rを算出する方法について説明する。図3は、曲率半径を決定する基となる座標の位置関係を示す図である。図において、指令点P1、P2、P3はNCプログラムで指令される座標点であって、この順に指令されるものとする。なお、指令点P1はフィードフォワード係数 α を決定するための現在の座標点である。また、指令点P2はNCプログラムを先読みして得られる一つ先の座標点であり、同様に指令点P3は二つ先の座標点であることを示す。ここでは現在の座標点、すなわち指令点P1における曲率半径Rを算出する方法について説明する。

【0033】なお、線分Aは指令点P1、P2間の線分を、線分Bは指令点P2、P3間の線分を、線分Cは指★

★指令点P3、P1間の線分を、それぞれ示す。また、各指令点の空間座標を、指令点P1は(P1X, P1Y, P1Z)、指令点P2は(P2X, P2Y, P2Z)、指令点P3は(P3X, P3Y, P3Z)とする。さらに、指令点P1、P2、P3における空間座標の各軸成分を基に、AX, AY, AZ, BX, BY, BZ, CX, CY, CZを次に示す各式で定義する。

【0034】 $AX = P1X - P2X$, $AY = P1Y - P2Y$, $AZ = P1Z - P2Z$

$BX = P2X - P3X$, $BY = P2Y - P3Y$, $BZ = P2Z - P3Z$

30 $CX = P3X - P1X$, $CY = P3Y - P1Y$, $CZ = P3Z - P1Z$

これにより、幾何学的に曲率半径Rは次式によって求めることができる。

【0035】

【数3】

$$R = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\sqrt{CX^2 + CY^2 + CZ^2}}{\sqrt{1 - \frac{(AX \cdot BX + AY \cdot BY + AZ \cdot BZ)^2}{(AX^2 + AY^2 + AZ^2)(BX^2 + BY^2 + BZ^2)}}} \right\} \quad \dots (3)$$

【0036】したがって、上記(3)式により求められる曲率半径Rから、(2)式によって指令点P2におけるフィードフォワード係数 α が求められる。次に、補間後直線加減速とフィードフォワード制御とによって円弧

切削を行う場合、円弧の半径方向への誤差量 ΔE は、次式によって求められる。

【0037】

【数4】

$$\Delta E = \frac{1}{2} \left\{ \frac{T_1^2}{12} + (1 - \alpha^2) T_2^2 \right\} \frac{V^2}{R} \quad \dots (4)$$

【0038】したがって、フィードフォワード係数 α は上記(4)式を整理し、(3)式により求められる曲率半径 R により次式からフィードフォワード係数 α が求められる。

【0039】

【数5】

$$\alpha = \frac{\sqrt{V^2 \left(\frac{T_1^2}{12} + T_2^2 \right) - 2\Delta E R}}{T_2 V} \quad \dots (5)$$

*10

$$\Delta E = \frac{1}{2} \left\{ \frac{T_1^2}{24} + (1 - \alpha^2) T_2^2 \right\} \frac{V^2}{R} \quad \dots (6)$$

【0042】したがって、フィードフォワード係数 α は上記(6)式を整理し、(3)式により求められる曲率半径 R により次式からフィードフォワード係数 α が求められる。

【0043】

【数7】

$$\alpha = \frac{\sqrt{V^2 \left(\frac{T_1^2}{24} + T_2^2 \right) - 2\Delta E R}}{T_2 V} \quad \dots (7)$$

※

$$\Delta E = \frac{1}{2} (1 - \alpha^2) \frac{T_2^2 V^2}{R} \quad \dots (8)$$

【0046】したがって、フィードフォワード係数 α は上記(8)式を整理し、(3)式により求められる曲率半径 R により次式からフィードフォワード係数 α が求め★

★られる。

【0047】

【数9】

$$\alpha = \frac{\sqrt{T_2^2 V^2 - 2\Delta E R}}{T_2 V} \quad \dots (9)$$

【0048】図4は、フィードフォワード係数を算出するための処理手順を示すフローチャートである。このフローチャートは、図2のROM12に格納されたシステムプログラムをプロセッサ11が実行することによって実現される機能である。図において、Sの後に続く数字はステップ番号を示す。

【0049】〔S1〕NCプログラムの先読みを行う。すなわち、図3において指令点P2における曲率半径 R を算出するために、次の指令点P3を読み込む。

〔S2〕曲率半径 R を算出する。具体的には、(3)式によって曲率半径 R を求める。

【0050】〔S3〕加減速が補間後加減速か否かを判別する。具体的には、パラメータで設定された加減速が補間後加減速か否かを判別する。もし、補間後加減速ならばステップS5に進み、そうでないならばステップS4に進む。

【0051】〔S4〕パラメータで設定された誤差量 Δ

*【0040】次に、補間後ベル形加減速とフィードフォワード制御とによって円弧切削を行う場合、円弧の半径方向への誤差量 ΔE は、次式によって求められる。

【0041】

【数6】

※【0044】次に、補間前加減速とフィードフォワード制御とによって円弧切削を行う場合、円弧の半径方向への誤差量 ΔE は、次式によって求められる。

【0045】

【数8】

EとステップS2で算出された曲率半径 R とから、フィードフォワード係数 α を(9)式によって算出する。その後、ステップS10に進む。

【0052】〔S5〕加減速が直線加減速か否かを判別する。具体的には、パラメータで設定された加減速が直線加減速か否かを判別する。もし、直線加減速ならばステップS6に進み、そうでないならばステップS7に進む。

【0053】〔S6〕パラメータで設定された誤差量 ΔE とステップS2で算出された曲率半径 R とから、フィードフォワード係数 α を(5)式によって算出する。その後、ステップS10に進む。

【0054】〔S7〕加減速がベル形加減速か否かを判別する。具体的には、パラメータで設定された加減速がベル形加減速か否かを判別する。もし、ベル形加減速ならばステップS8に進み、そうでないならばステップS9に進む。

9に進む。

【0055】〔S8〕パラメータで設定された誤差量 ΔE とステップS2で算出された曲率半径Rとから、フィードフォワード係数 α を(7)式によって算出する。その後、ステップS10に進む。

【0056】〔S9〕パラメータで設定された誤差量 ΔE とステップS2で算出された曲率半径Rとから、フィードフォワード係数 α を(2)式によって算出する。

〔S10〕不感帯幅の検定を行う。具体的には、前回出力したフィードフォワード係数と今回算出したフィードフォワード係数との差が、不感帯幅と呼ばれる所定の範囲内であるならば前回出力したフィードフォワード係数をフィードフォワード係数 α として出力する。

【0057】したがって、形状変化が緩やかな工具通路に応じて最適なフィードフォワード係数 α を算出し、また、不感帯幅の範囲内ではフィードフォワード係数 α を変動させないようにして、サーボモータを制御するので、加工形状を滑らかに仕上げることができる。なお、上記の不感帯幅は、予めオペレータが所定の操作を行なってパラメータとして設定することができる。

【0058】上記の実施例では、誤差量 ΔE を一定値としてパラメータに設定したが、加工条件に応じてフレキシブルに誤差量 ΔE を設定する他の誤差量設定方法について、以下に説明する。

【0059】図5は、指令値と誤差量との対応表を示す図である。指令値と誤差量との対応表100は、NCプログラムで指令される指令値から誤差量 ΔE を設定するための表であり、数値データとして図2のROM12又は不揮発性メモリ14に格納される。指令値と誤差量との対応表100の指令値と誤差量は、NCプログラムで指令される指令値を左欄に示し、対応する誤差量 ΔE を右欄に示す。

【0060】次に、上記指令値と誤差量との対応表100に基づき指令するNCプログラムについて説明する。図6は、誤差量を指令するNCプログラムの一例を示す図である。NCプログラム200において、指令201、203、205が誤差量 ΔE を指令するステップであり、指令202、204、206が加工を実行するステップである。

【0061】ここで、指令201、203、205において、「G05 Q」が誤差量 ΔE を指令する指令コードであり、アドレス「Q」の後に続く数値が図5の左欄に示す指令値である。

【0062】したがって、指令201について図2のROM12に格納されたシステムプログラムをプロセッサ11が実行することによって、誤差量 ΔE は10〔 μ m〕が設定される。続く指令202では、この誤差量 ΔE に基づいて算出されるフィードフォワード係数 α によってサーボモータが制御される。同様に、指令203では誤差量 ΔE は20〔 μ m〕が設定されて指令204でサーボモータが制御され、指令205では誤差量 ΔE は

30〔 μ m〕が設定されて指令206でサーボモータが制御される。

【0063】こうして、加工工程ごとに設定された誤差量 ΔE からフィードフォワード係数 α を算出することにより、荒加工、中加工及び仕上げ加工等のように加工工程ごとの仕上げ精度に応じて、サーボモータの制御を行うことができる。

【0064】次に、NCプログラムで指令される送り機能による誤差量 ΔE を指令する方法について説明する。

図7は、送り速度と誤差量との対応表を示す図である。送り速度と誤差量との対応表300は、NCプログラムで指令される送り機能による送り速度Fから誤差量 ΔE を設定するための表であり、数値データとして図2のROM12又は不揮発性メモリ14に格納される。送り速度と誤差量との対応表300の送り速度と誤差量は、NCプログラムで指令される送り速度Fを左欄に示し、対応する誤差量 ΔE を右欄に示す。

【0065】表において、301行の左欄に示す送り速度Fは、0〔mm/min〕以上100〔mm/min〕未満を意味する。したがって、例えば送り速度Fとして50〔mm/min〕が指令されれば、誤差量 ΔE には対応する301行の右欄の0〔 μ m〕が設定される。

【0066】ここで、図6に示すNCプログラムが指令された場合、指令202では送り速度Fが100〔mm/min〕であることから、誤差量 ΔE は10〔 μ m〕が設定され、この誤差量 ΔE に基づいて算出されるフィードフォワード係数 α によってサーボモータが制御される。同様に、指令204では送り速度Fが1000〔mm/min〕であることから、誤差量 ΔE は30〔 μ m〕が設定される。また、指令206では送り速度Fが400〔mm/min〕であることから、誤差量 ΔE は20〔 μ m〕が設定される。

【0067】なお、この送り速度と誤差量との対応表300は一例であり、実際には使用する工具やワークの材質等を考慮して設定される。これにより、送り速度Fに適したフィードフォワード係数 α を算出してサーボモータの制御を行うことにより、形状変化が緩やかな工具通路の加工形状を滑らかに仕上げることができる。

【0068】上記の説明では、不感帯幅はパラメータとして設定したが、例えば図6に示すG機能等のようなNC機能により加工に応じて指令することもできる。また、図6に示す「G05 Q」の指令コードとアドレス「Q」の後に続く数値により、図5の指令値と誤差量との対応表に基づき誤差量 ΔE を設定したが、アドレス「Q」の後に続く数値をそのまま誤差量 ΔE として設定するようにしてもよい。

【0069】さらに、NCプログラムで指令される送り機能による送り速度Fから誤差量 ΔE を設定したが、例えば主軸機能による工具回転数(アドレス「S」)等の他のNC機能により、誤差量 ΔE を設定するようにして

もよい。

【0070】

【発明の効果】以上説明したように本発明では、誤差設定手段によって予め誤差量を設定しておき、演算手段が加工形状を先読みして、誤差量と工具通路のコーナ部分における曲率半径とからフィードフォワード係数を演算し、制御手段がサーボモータを制御するように構成したので、形状変化が緩やかな工具通路の加工形状を滑らかに仕上げることができる。

【図面の簡単な説明】

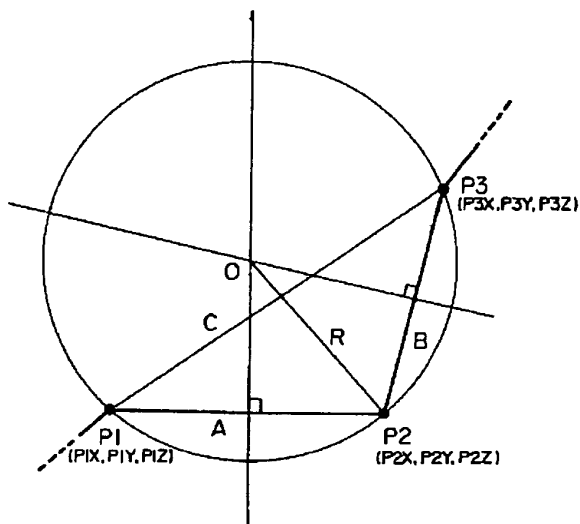
【図1】本発明のフィードフォワード制御方式の制御ブロック図である。

【図2】本発明の一実施例である対話形数値制御装置の構成を示すブロック図である。

【図3】曲率半径を決定する基となる座標の位置関係を示す図である。

【図4】フィードフォワード係数を算出するための処理

【図3】



手順を示すフローチャートである。

【図5】指令値と誤差量との対応表の一例を示す図である。

【図6】誤差量を指令するNCプログラムの一例を示す図である。

【図7】送り速度と誤差量との対応表の一例を示す図である。

【図8】従来のフィードフォワード制御方式の概略ブロック図である。

10 【符号の説明】

11, 31 プロセッサ

12, 32 ROM

13, 33 RAM

14, 34 不揮発性メモリ

16 表示画面

17 キーボード

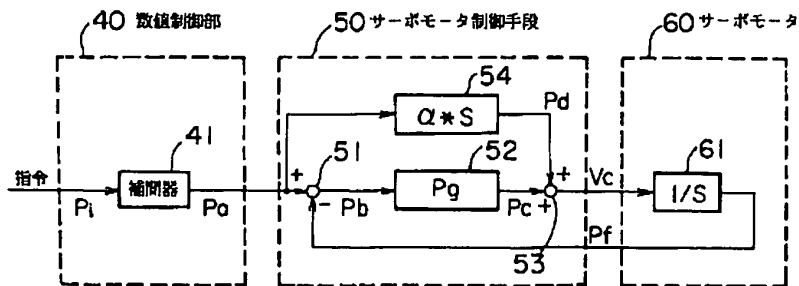
41 ソフトキー

【図5】

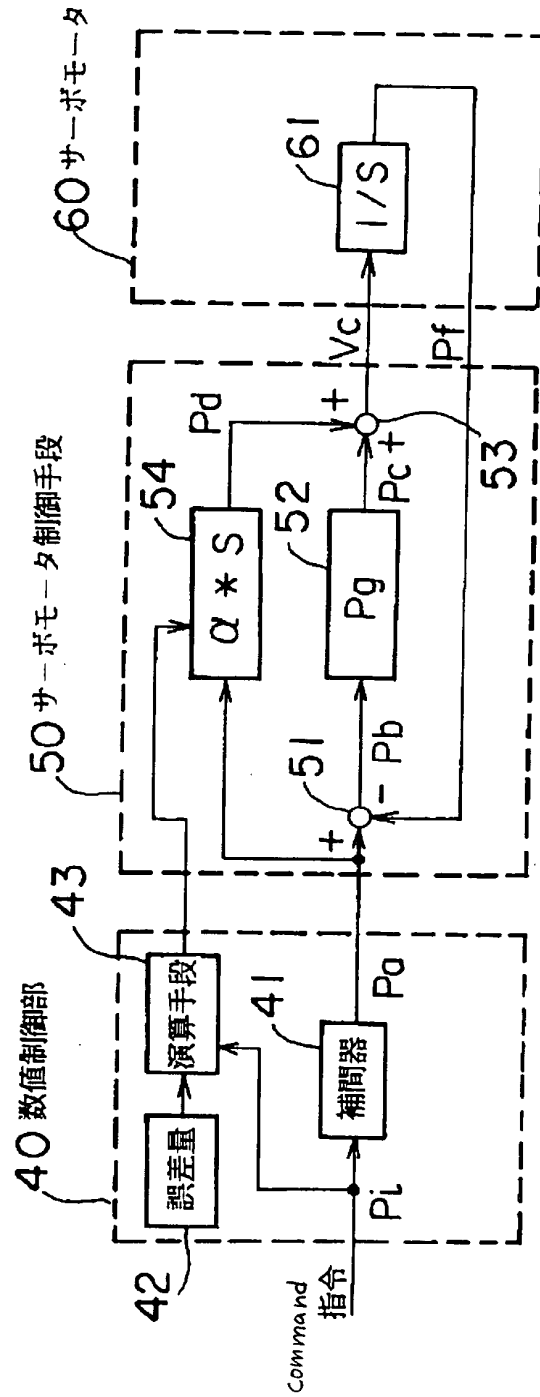
100 指令値と誤差量との対応表

指令値	誤差量 ΔE (μm)
0	0
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50

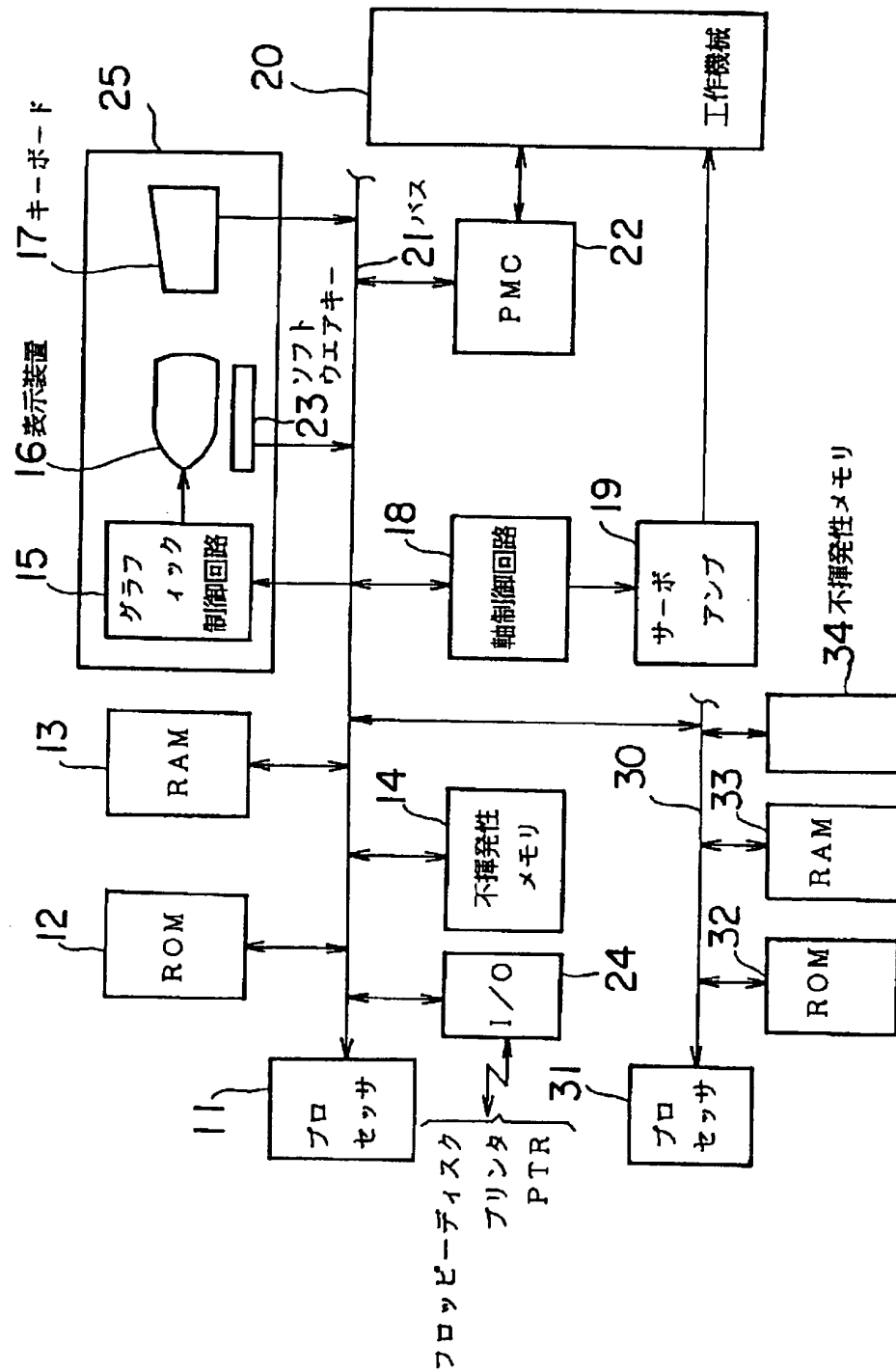
【図8】



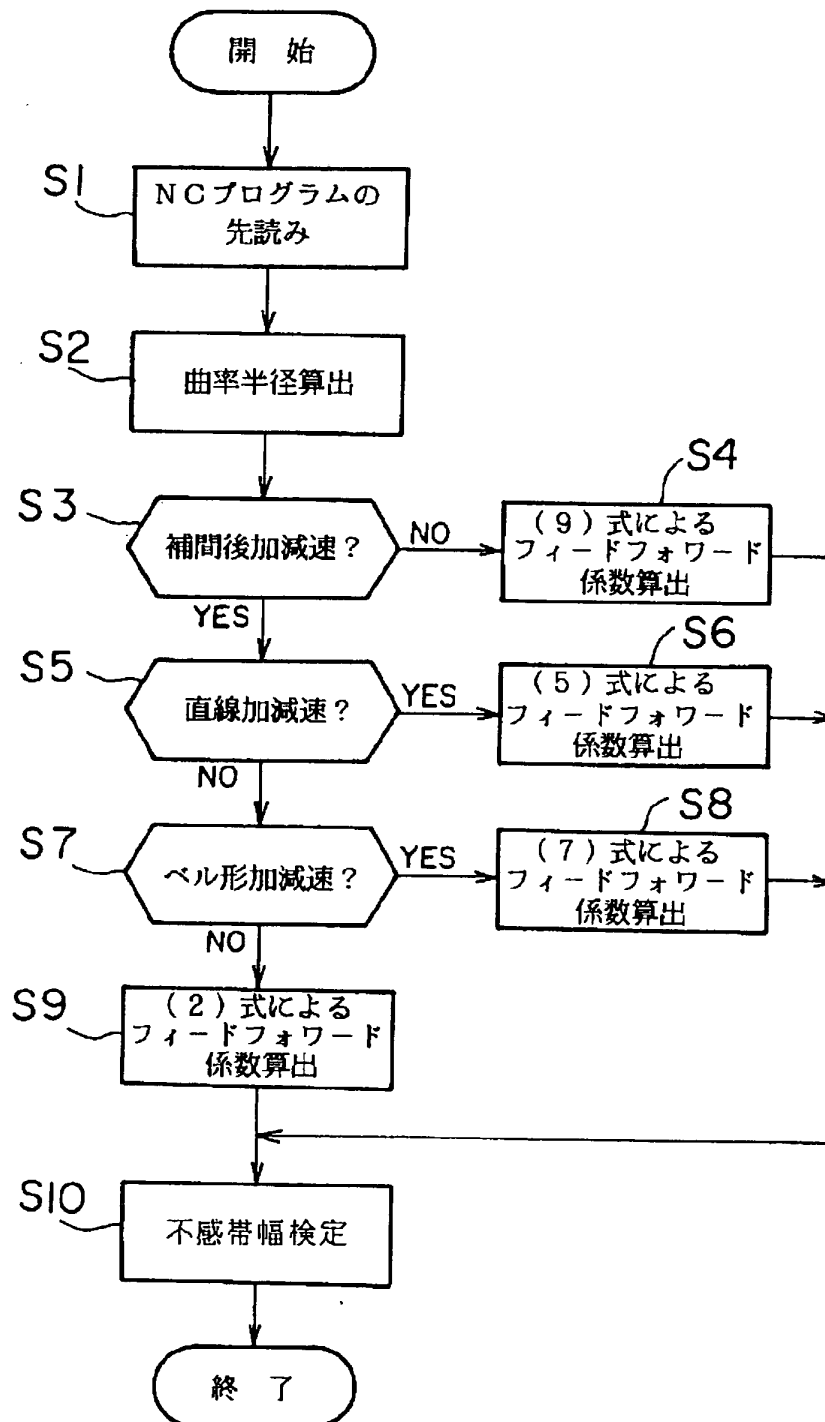
【図1】



【図2】



【図4】



【図6】

200 NCプログラム

```

201 G05 Q1
    G91 G17 G00 D8 J6000
    G01 Z-25000 F100
202 Y60000
    :
203 G05 Q2
    G91 G17 G00 D8 J6000
    G01 Z-25000 F100
204 Y60000
    :
205 G05 Q3
    G91 G17 G00 D8 J6000
    G01 Z-25000 F400
206 Y60000
    :
  
```

【図7】

300 送り速度と誤差量との対応表

301

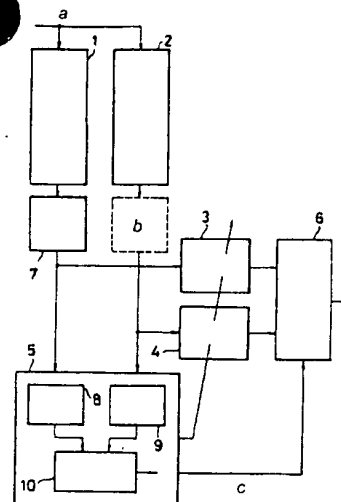
送り速度F (mm/min)	誤差量 ΔE (μm)
0 ~ 100	0
100 ~ 300	10
300 ~ 1000	20
1000 ~ 2000	30
2000 ~ 5000	40
5000 ~	50

pressive
ing lug

34 9
35

114.126
search
plexer

10: comparing part. a: input voice signal, b: delay circuit, c: transmission ratio information



pressive
ing lug

34 9
35

114.126
search
plexer

ACG: absolute code signal generation

pressive
ing lug

34 9
35

114.126
search
plexer

40: numerical control part, 50: servo motor control means